
ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL DEL CERRO MANIZALES (ANTIOQUIA) Y SU RELACIÓN CON POSIBLES MANIFESTACIONES AURÍFERAS EN EL BATOLITO ANTIOQUEÑO

MORPHO-STRUCTURAL ANALYSIS OF THE MANIZALES (ANTIOQUIA) MOUNTAIN AND ITS RELATIONSHIP WITH POSSIBLE GOLD MANIFESTATION IN THE ANTIOQUIAN BATHOLITH.

Ernesto Gómez Londoño¹ & Luis Antonio Castillo López²

*1. Geólogo MSc. Geofísica Exploración, 2. Dr. Profesor Universidad Nacional de Colombia
egomez1@unal.edu.co, lacastillo1@unal.edu.co*

Recibido para evaluación: 07 de Abril de 2010 / Aceptación: 1 de Julio de 2011 / Recibida versión final: 19 de Julio de 2011

RESUMEN

Este trabajo reúne los resultados de las observaciones geológicas realizadas en campo en el año 2006 en el sector del cerro de Manizales (Corregimiento de Cristales – Departamento de Antioquia), los cuales permiten postular una hipótesis acerca de la ocurrencia de posibles manifestaciones auríferas, los cuales tienen una estrecha relación con la presencia de diques andesíticos post-Batolito Antioqueño y con la Zona de Cizalla Cristales, la cual ejerce a su vez un control morfoestructural de los cerros Manizales y Cristales, cambiando adicionalmente el curso de la Quebrada Negra.

Existen numerosas mineralizaciones agrupadas alrededor de Cristales, filones presentando dirección predominantemente Noreste, con numerosas venas paralelas a subparalelas; la mineralización está constituida por pirita, escasa calcopirita y galena ocasional, a la cual se relaciona la presencia de bonanzas en algunos filones. La ganga es fundamentalmente de cuarzo - variedad lechoso, con oro libre; y aunque las explotaciones de oro se encuentran abandonadas en el Cerro Manizales, la explotación se basó, a través de venas delgadas, de menos de 20 cm, llamadas agujas.

Así se propone la existencia de un depósito de oro de alta sulfuración controlado por la Zona de Cizalla Cristales, manifestada por la tendencia general N-NE del rumbo de las vetas del Cerro Manizales, cuya dirección puede estar controlada por ejes de extensión, en donde el vetilleo sea perpendicular a los ejes de máxima extensión (σ_1).

Palabras Clave: Mineralización, depósitos de oro, Batolito Antioqueño, geología estructural, geología, veta, vetilleo, Antioquia, Colombia.

ABSTRACT

Field observations about the geology of the Manizales Hill, during 2006 located in proximities of the Cristales Town (Antioquia) are presented. A hypothesis is postulated about the occurrence of possible auriferous manifestations, its narrow relationship with the presence of andesitic post-Antioqueño Batholith dikes, and with the Cristales Shear Zone, which in turn exerts a morpho-structural control of the hills in turn Manizales and Cristales, additionally changing the course of the Negra Stream.

There are numerous mineralizations grouped around Cristales, the seams have predominantly NE direction, with numerous parallel and subparallel veins; the mineralization consists of pyrite, little chalcopyrite, galena casual, which is related to the presence of booms in some seams. The gangue is mainly quartz milky variety, with free gold; and although gold workings are abandoned in the Cerro Manizales, the operation was based, through veins thin, less than 20 cm, called veinless or needles.

This suggests the existence of a high sulfidation gold deposit, controlled by the Cristales Shear Zone, manifested by the general tendency N-NE of the veins strike of the Manizales Hill, whose strike can be controlled by the stretching axes, where the veinlets are perpendicular to the axis of maximum extension (σ_1).

Keywords: Mineralization, gold deposits, Antioquian Batholith, structural geology, geology, vein, veinless, Antioquia, Colombia.

1. INTRODUCCION

El objetivo principal del trabajo es dar a conocer los resultados de las observaciones geológicas de campo, para exploración de oro, realizada en el mes de Abril de 2006 en la zona de Cristales (Antioquia), siguiendo el modelo de exploración para sistemas de oro relacionados con intrusivos (Lang *et. al.*, 2000).

El área del Cerro Manzales hace parte del Batolito Antioqueño de edad Cretáceo Tardío-Paleoceno (González, 2001), mencionado inicialmente por Boussignault (1825: En González, 2000). Corresponde al batolito más grande y septentrional de la Cordillera Central en los Andes Colombianos. Tomó su nombre del departamento donde se ubica (Botero, 1940), cuya capital Medellín se sitúa hacia el Oeste del Batolito Antioqueño (Figura 1). Presenta contactos discordantes con rocas encajantes, generalmente intrusivos (Feininger *et. al.*, 1970; González, 2001), presenta forma trapezoidal y se caracteriza por su homogeneidad petrográfica y petroquímica (Álvarez, 1983).

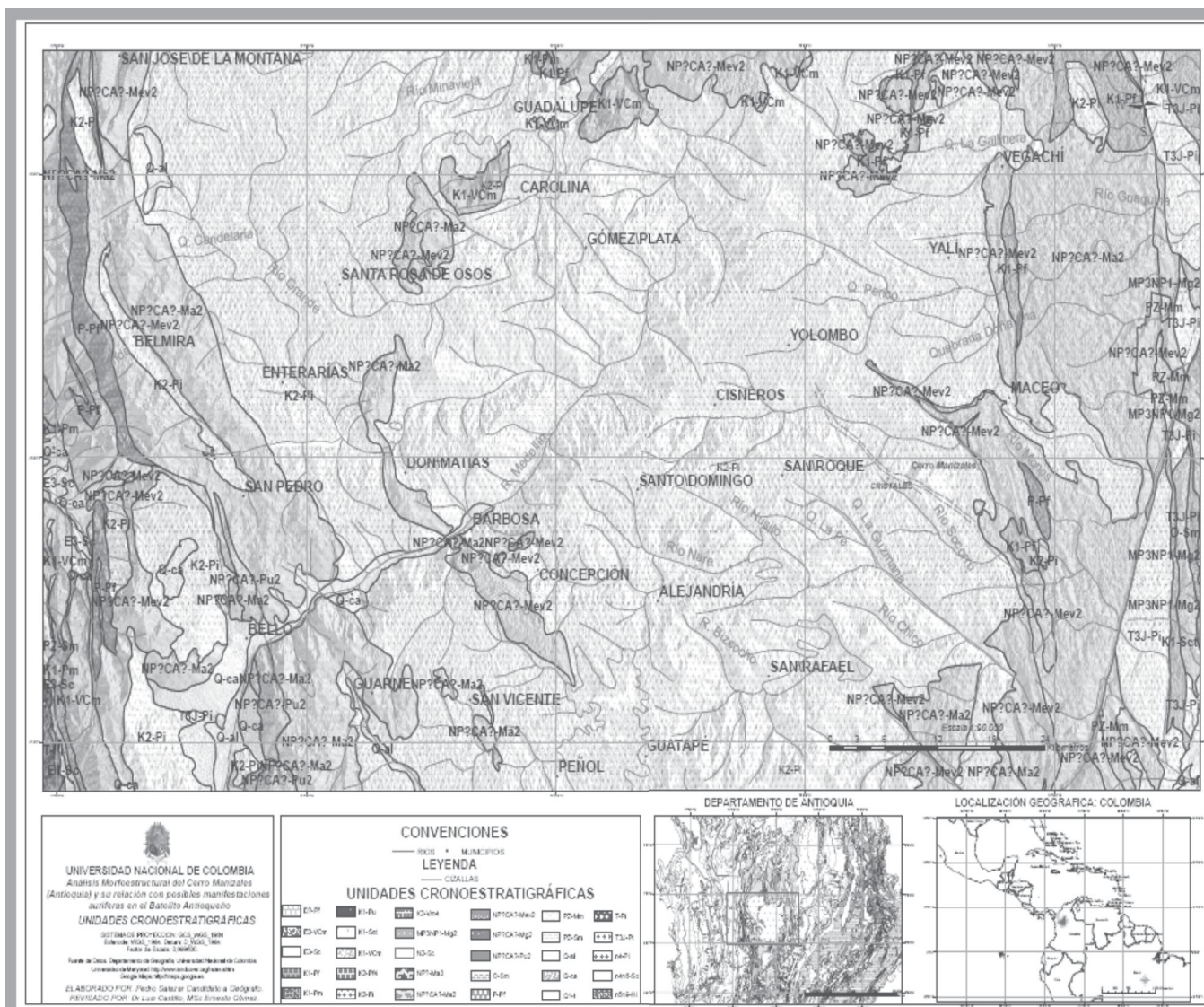


Figura 1. Mapa Geológico del Batolito Antioqueño - BA (Modificado de Ingeominas, 2009).

Feininger y Botero (1982), efectuaron un estudio del Batolito Antioqueño en donde mencionan la Zona de Cizalla Cristales (Figura 1) como una prolongación occidental de una falla de intrusión al Oeste de Caracolí. En el año 2000,

el INGEOMINAS publica el Mapa Geológico del Dpto. de Antioquia a escala 1:400.000, en donde se incluye la Zona de Cizalla Cristales. Esta zona de Cizalla en campo, se evidencia por una clara alineación E-W del Cerro Cristales que contrasta con la tendencia NW-SE del Cerro Manizales, paralela a la Zona de Cizalla Cristales (Figura 2). Vale la pena anotar, que la terminación NW del Cerro Manizales cambia de rumbo abruptamente desde el NW-SE a E-W, disponiéndose de forma paralela al Cerro Cristales en la Zona de Cizalla.

2. METODOLOGIA

En el área de estudio no se presentan afloramientos de roca, salvo algunos parches sobre el cauce de la Quebrada Negra. Los datos geológicos y geoquímicos adquiridos en campo fueron tomados dentro de una serie de socavones de minería abandonados en el Cerro Manizales, que ocupa un área de 2 kilómetros cuadrados.

En el levantamiento de la información geológica de los túneles, se utilizó HIP-CHAIN, brújula y GPS con el propósito de georreferenciar los datos de campo, siguiendo la metodología de campo de Compton (1985). La descripción de cada estación (Anexo 1) se dividió en 3 partes: Aspectos litológicos, alteraciones y estructurales.

Litológicos: Se tuvo en cuenta el tamaño de grano dándole un peso numérico de 1 a 3, así:

1 - Grano Fino

2 - Grano Medio

3 – Grano Grueso

Alteración: Se definió su tipo, carácter y de igual manera se le dio un peso numérico de 1 a 3, así:

1 – Débil

2 - Moderada

3 – Alta

Estructurales: Mediante tablas de porcentaje de venas de acuerdo con su espesor, se definió el número de fracturas por metro, porcentaje en volumen, composición de las vetillas vs stringers. Así mismo, se registraron los datos cinemáticos, tales como fallas, anotando su control estructural y tipo.

En sectores donde se presentaba la roca saprolitizada (*SAP ROCK*) o parcialmente cubierta se efectuó el raspado y limpieza de afloramientos. Finalmente, se tomó muestra tanto de la zona de veta como del respaldo de veta (roca caja) con el fin de verificar el contenido de oro de cada una de ellas y poder de esta manera definir su contraste de valores.

3. UBICACIÓN DEL AREA

El área estudiada se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Central entre las coordenadas $X_1:716.000$ y $X_2:718.000$; $Y_1:509.000$ y $Y_2:511.500$.

En la zona prevalece un clima tropical húmedo, con alturas que oscilan entre los 1000 m.s.n.m a 2000 m.s.n.m y temperatura promedio de 17 a 23 °C. Las lluvias ocurren en dos estaciones: Abril-Junio y Septiembre-Noviembre.

El Cerro Manizales se encuentra ubicado hacia el NE del corregimiento de Cristales, presenta una morfología relativamente suave de lomajes redondeados y valles en forma de “U” (Quebradas Negra y Manizales), en contraste

con el cerro donde se ubica Cristales, que presenta una morfología mucho más abrupta de un cerro estrecho, empinado y agudo terminado en punta, con una diferencia de cota de 200 m.

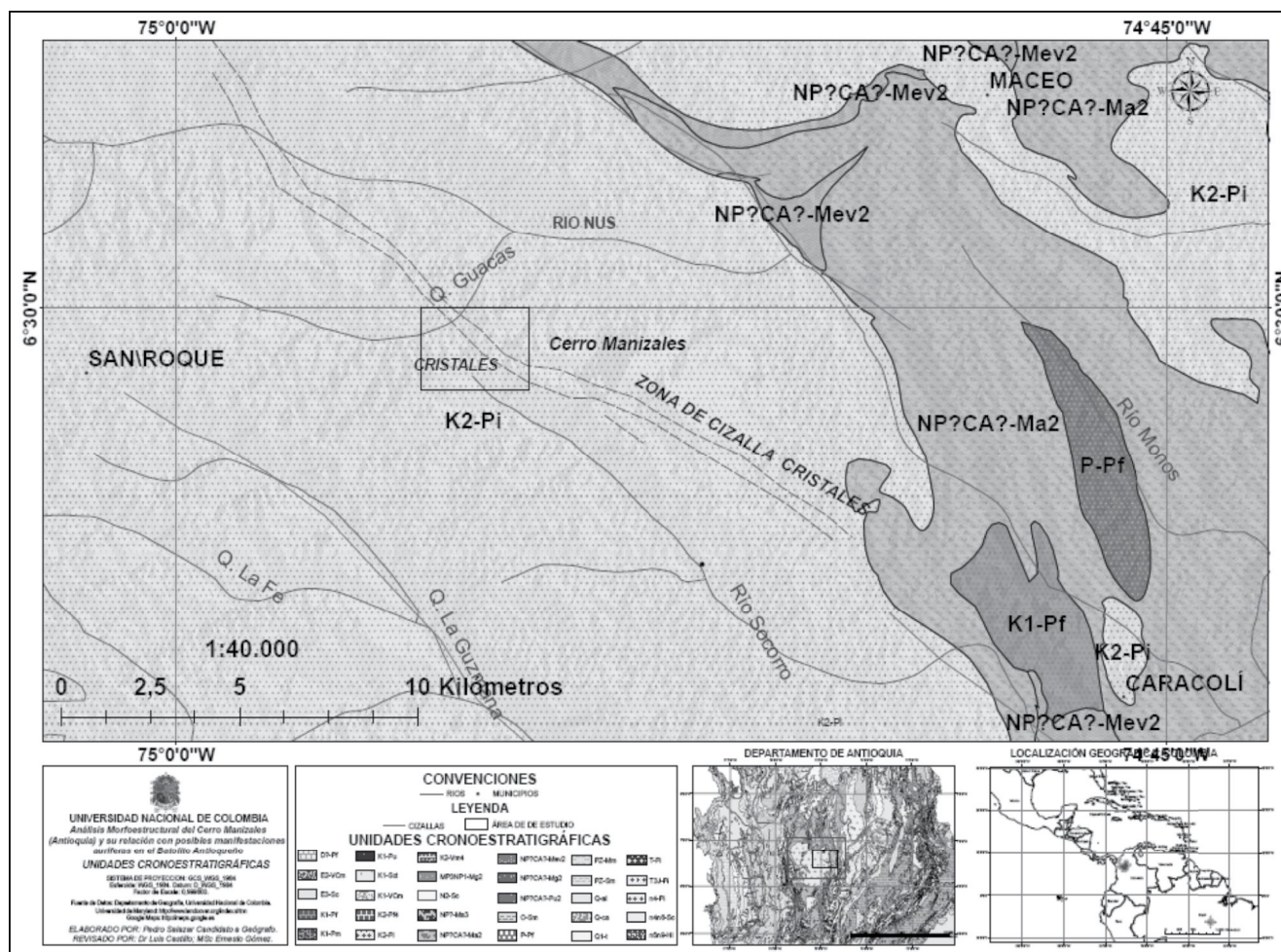


Figura 2. Mapa Geológico Regional. El área de estudio se ubica dentro del rectángulo. Fuente Ingeominas

4. CLASIFICACION DE ROCAS GRANITICAS

Los sistemas de clasificación de rocas graníticas se pueden dividir en dos clases principales: Uno composicional dependiente de los datos de medida mineralógicos o geoquímicos. Sin embargo un sistema alternativo de clasificación de rocas graníticas proporciona una valiosa información adicional en cuanto a sus relaciones y situaciones geológicas en las cuales ellos ocurren. Por lo tanto, es conveniente utilizar los elementos mineralógicos, litológicos y geoquímicos en combinación con otros criterios estructurales o tectónicos que se han considerado importantes porque reflejan algunos aspectos del origen del granito o del emplazamiento del cuerpo intrusivo, debido a que existe un vinculo entre la composición de la región fuente del cuerpo ígneo o roca fuente y el ambiente tectónico en el cual el granito fue generado (Cobbing, 2000).

4.1 Sistemas Tipológicos

Fueron enunciados inicialmente por Chappell & White (En: Cobbing, 2000) quienes distinguieron dos tipos de granitos: Tipo S y Tipo I, de acuerdo con sus características geológicas, geoquímicas e isotópicas. Consideraron que los Tipo S derivan de una corteza de protolito sedimentario, los Tipo I se derivan a partir de un protolito ígneo y que la composición de la región fuente se refleja en la composición del granito.

Barbarín (1990) resumió todos los conceptos anteriores en la Tabla 1, en donde se deduce que, de acuerdo con las características geológicas y mineralógicas del Cerro Manzales, el área fuente correspondiente es Mixta (Corteza + Manto), el tipo de granito ha sido generado como resultado de un evento de generación de magma Tipo I, calco-alcalino metalumínico (Bajo K – Alto Ca), básicamente tonalitas calco-alcalinas a granodioritas calco-alcalinas, correspondientes a granitos orogénicos de zonas de subducción. Así mismo, con base en los conceptos de Barbarín (1990), el granito Tipo I también es llamado Andino o Cordillerano, que se caracteriza por tener un rango composicional desde gabro a granito y de composición predominantemente tonalítica a granodiorítica. En el área de estudio hay presencia de pequeños cuerpos dioríticos hacia el Este en el sector de El Diluvio y en el cauce de la Quebrada Negra.

Tabla 1. Relación entre fuente, tipología y marco tectónico. El área fuente del posible depósito aurífero del Cerro Manzales, sería mixta (Modificado de Barbarín, 1990).

SISTEMA ALTERNATIVO DE CLASIFICACION DE CUERPOS GRANITICOS INTRUSIVOS				
FUENTE	TIPO DE GRANITO		MARCO TECTONICO	
	Leucogranitos	S		
CORTEZA	Granitos Autóctonos Peralumínicos (Alto K - Bajo Na Ca)	S	COLISIONAL Y POST COLISIONAL	
	Granitos Peralumínicos (Alto K - Bajo Na Ca)	S		
			GRANITOS OROGENICOS	
MIXTA (Corteza + Manto)	Granitos Calco-Alcalinos potásicos Metalumínicos (Alto K - Bajo Ca)	I		
	Granitos Calco-Alcalinos Metalumínicos (Bajo K - Alto Ca)	I	ZONAS DE SUBDUCCION	
MANTO	Granitos Toleíticos de Arco de Islas	M		
	Granitos Toleíticos de Dorsal Oceánica	M	RIFT OCEANICO	
	Granitos Alcalinos y Peralcalinos	A	ZONAS DE EXPANSION Y DOMINIO CONTINENTAL	GRANITOS ANOROGENICOS

5. ESTRATIGRAFÍA

5.1 Mesozoico

La actividad ígnea en la Cordillera Central iniciada en el Pérmico (González, 2001), durante la Orogenia Hercínica, se extendió hasta el Triásico con la intrusión de stocks adamelíticos en el flanco occidental de la Cordillera Central y continuó de una manera más intensa durante el Jurásico con la intrusión de los Batolitos de Segovia y Sonsón, siguiendo hasta finales del Cretáceo, con dos ciclos magmáticos bien definidos; uno en el Cretáceo Temprano y otro en el Cretáceo Tardío, ciclos a los que corresponde el gran Batolito Antioqueño, emplazado en la parte central del Departamento de Antioquia (Figura 1).

En la zona de estudio afloran en general rocas magmáticas intrusivas de composición intermedia, pertenecientes al Batolito Antioqueño: Tonalita (To), granodiorita (Gdr) y diorita (Di). Adicionalmente, se encuentran una serie de diques

o intrusiones a modo de filón, formados por rocas extrusivas afaníticas, que intruyen estos cuerpos plutónicos. Los depósitos recientes se encuentran en pequeños parches a lo largo de las Qdas. Negra, Guacas y Río Socorro (Figura 2).

5.1.1 Facies Tonalítica

La facies tonalítica conforma la mayor parte del Cerro Manizales, constituye una variedad de diorita cuarcífera que adicionalmente a la plagioclasa (PG), anfíbol (AMP) y biotita (BI), contiene hasta un 10% de cuarzo (QZ) y ortoclasa (OR). La roca fresca presenta un color gris rosado amarillento (5YR 8/1), mientras que la roca meteorizada presenta coloraciones marrón pálido (5YR 5/2), con contenidos promedio del 70% goetita, 20% jarosita y 10% hematita. (Figura 3). En general los aspectos litológicos son: Tamaño de grano medio, contenido de hornblenda < biotita ($Hb < Bi$) y grado de meteorización medio a alto (Anexo 1).



Figura 3. Hacia 180°, Facies Tonalítica: Fotografía de socavón en el Cerro Manizales (Nótese veta de 20 cm. de espesor con Control Estructural (CE): E-W/10°N).

5.1.2 Facies Granodiorítica

La facies granodiorítica ocupa el sector NW del Cerro Manizales; y se caracteriza, porque el feldespato de la roca granodiorita es fundamentalmente PG. La roca fresca presenta un color gris rosado amarillento (5YR 8/1), mientras que la roca meteorizada presenta coloraciones marrón moderado (5YR 4/4), con contenidos promedio del 50% goetita y 50% jarosita (Figura 4).

En general los aspectos litológicos son: Tamaño de grano medio y grado de meteorización medio a alto (Anexo 1).



Figura 4. Hacia 270°. Facies Granodiorítica: Fotografía de socavón en el Cerro Manizales. Nótese vetilleo con CE: N20°E/50°NW en Gdr.

5.1.3 Facies Diorítica

La facies diorítica se observa en el cauce de la Qda. Negra y en el camino El Diluvio-Manizales, donde aflora una diorita constituida en general por PG, AMP, BI, magnetita (MT) y cuarzo (QZ). La roca fresca presenta un color gris medio (N5), mientras que la roca meteorizada presenta tonalidades marrón pálido (5YR 6/1) con contenidos promedio del 80% jarosita y 20% goetita (Figura 5).

En general los aspectos litológicos son: Tamaño de grano medio, contenido de Hb < Bi y grado de meteorización alto (Anexo 1).



Figura 5. Hacia 150°. Facies Diorítica: Fotografía de socavón en cercanías a la margen derecha de la Qda. Negra. Nótese veta con CE: N50°E/70°SE en Di. La roca de respaldo de veta presenta MT.

5.1.4 Diques

El Batolito Antioqueño es cortado por innumerables diques con contactos en forma de cuchillo que presentan un rango composicional desde andesita a felsita y alaskita (Figura 6). Los más abundantes son color gris oscuro a verde grisáceo, grano muy fino a afanítico de composición intermedia.

En algunos socavones del Cerro Manizales se presentan diques andesíticos (AndDike) con control estructural: E-W/30°N, que cortan la roca encajante, se encuentran íntimamente relacionados con vetas que alcanzan los 20 cm. de espesor y presentan un control estructural: E-W/10°N.



Figura 6. Hacia 230°. Fotografía sector NW Cerro Manizales. Diques Andesíticos: El martillo indica la intrusión de un AndDike en To. La veta en este sitio (parte derecha de la foto) alcanza el máximo espesor del área (0.90 m.) y un CE: N40°E/90°.

6. ESTRUCTURAS

Estructuralmente el Batolito Antioqueño está limitado por dos grandes sistemas de fallamiento; hacia el Oeste el Sistema de Falla Romeral y hacia el Este por el Sistema Palestina (Figura 1). El estudio de la geología estructural del Batolito Antioqueño se dificulta por la poca existencia de afloramientos de roca fresca. Sin embargo, se pueden efectuar observaciones en afloramientos esporádicos y bloques angulares caídos. Para el caso del Cerro Manizales los datos estructurales se tomaron básicamente en los túneles (Figura 7), debido a que la explotación que se ha efectuado en el sitio es artesanal y no se ha utilizado voladura.



Figura 7. Hacia 120°. Socavón del Cerro Manizales. Presencia de liso de Falla dextral N20°W/75°NE, cuyo plano de falla coincide con una vetilla.

El área de influencia de Cristales (Cerro Manizales), pertenece al sistema de Fallas de rumbo dextral Palestina (Feininger y Botero, 1982), con rumbo N10° a 20° E, al cual pertenecen otras fallas dextrales como la de Cocorná, Mulato y Jetudo (Figura 1). Adicionales a las anteriores se presentan una serie de fallas antitéticas a la Palestina, con dirección aproximada NW-SE, de Sur a Norte, las Fallas que derivan sus nombres de los Ríos: Guatapé, Nare y Nus respectivamente. Entre las Fallas de Nare y Nus se presenta una gran falla de intrusión (Feininger *et. al.*, 1982), paralela a las anteriores, que pasa al Sur del Corregimiento de Caracolí y cuya prolongación NW corresponde a la Zona de Cizalla Cristales, cuyo trazo pasa por el sector que divide los Cerros Manizales y Cristales (Figuras 1 y 2).

6.1 Fallas de Intrusión

En el Batolito Antioqueño se encuentran una serie de fallas extensas con rumbo NW al noroeste de Yalí y sur de San Carlos, en contraste con otras mucho más cortas con rumbo NE, encontradas entre San Carlos y Caracolí, originadas por la fusión diferencial de una cúpula subhorizontal dentro del magma del Batolito durante o al poco tiempo de la intrusión. La fusión del magma se realizó en forma regular y las rocas encajantes del NW de las fallas de rumbo NE fundieron a las del SE, y las rocas encajantes NE de las fallas de rumbo NW fundieron a aquellas del SW (Feininger y Botero, 1982).

6.2 Zona de Cizalla Cristales

Su trazo se encuentra localizado entre las Fallas de los Ríos Nare y Nus (Figura 1); controla un tramo del Río Nus hacia el sur de La Gitana (Figura 1), presenta una dirección principal NW-SE. En la zona de estudio su línea de trazo pasa cerca y hacia el noreste del Corregimiento de Cristales. Hacia el Este y sureste del Río El Socorro, controla el curso de las Quebradas La Chinca y Palomanchado, terminado en una falla con el mismo rumbo NW-SE, que pasa hacia el sur de Caracolí, que a su vez corresponde a una falla antitética de la Falla Palestina (Figura 8).

Su trazo en campo se evidencia por una clara alineación E-W del Cerro Cristales que contrasta con la tendencia NW-SE del Cerro Manizales, paralela a la Zona de Cizalla Cristales (Figura 2). Vale la pena anotar, que la terminación NW del Cerro Manizales cambia de rumbo abruptamente desde el NW-SE a E-W, disponiéndose de forma paralela al Cerro Cristales en la Zona de Cizalla.

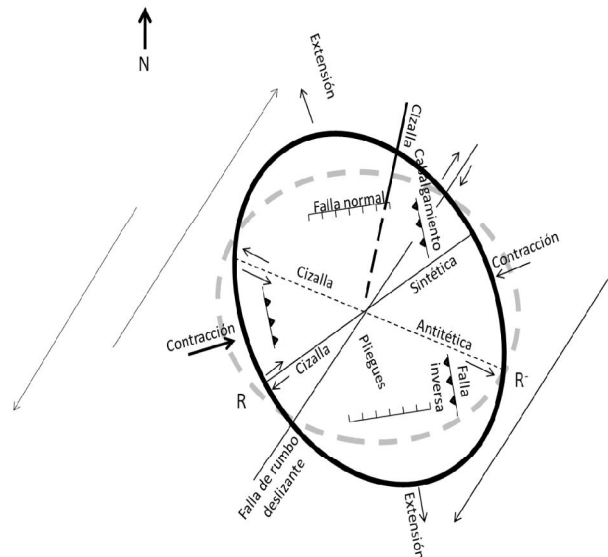


Figura 8. Diagrama esquemático para mostrar el desarrollo de sistemas de fallas antitéticas (Zona de Cizalla Cristales) a partir de sistemas de fallas de rumbo dextral (Sistema de Fallas Palestina). La Falla Palestina rumbo SW-NE y la antitética Zona de Cizalla Cristales con rumbo NW-SE.

6.3 Vetas

La mayoría de las zonas de cizalla relacionadas con vetas contienen cuarzo y calcita. Adicionalmente, pueden contener feldespato, mica, óxidos de Fe (FEOX), óxidos de manganeso (MNOX), sulfuros y yeso, los cuales son depositados por fluidos que aprovechan las fracturas abiertas rellenas por material de vena.

Las vetas pueden ser excelentes guías como indicadores de zonas de cizalla debido a que su orientación puede ser controlada por ejes de extensión. La mayoría de las vetas se forman perpendiculares a los ejes de máxima extensión σ_1 (Figura 9), debido a que ésta es la dirección en la cual se forman fracturas de tensión.

Las vetas se formarán a 45° de la zona de cizalla, vista en planta (Figura 9) en la deformación no-coaxial (cizalla simple), indicando como éstas pueden ser claros indicadores de movimiento, en este caso dextral (Davis y Reynolds, 1996), para el caso hipotético de la Zona de Cizalla Cristales.

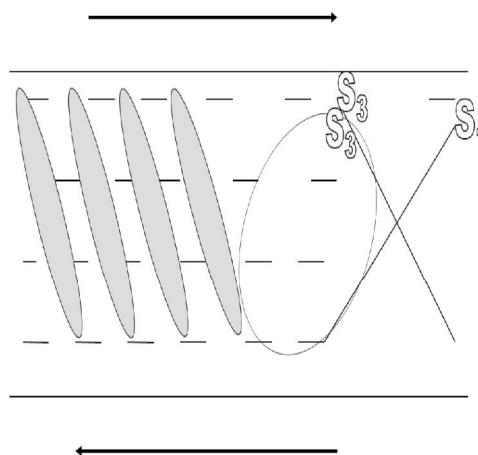


Figura 9. Orientación de las vetas para una deformación no-coaxial en una cizalla simple (Adaptado de Davis y Reynolds, 1996).

Las venas se forman paralelas a la rata de máximo acortamiento σ_3 (S3) y perpendicular la rata de máxima extensión σ_1 (S1), (Davis y Reynolds, 1996).

Una zona de cizalla puede reactivarse y cambiar el patrón de movimiento. El reconocimiento de tales eventos geológicos puede tener mayores implicaciones para el entendimiento de la evolución tectónica de la región o para el modelamiento de los recursos naturales (Davis y Reynolds, 1996).

Como lo muestra el Anexo 1, existe una clara tendencia en la dirección de las vetas N30°E/65°SE-90° en los diferentes sectores de exploración en el cerro Manizales, las cuales alcanzan hasta los 90 cm. de espesor, siendo el promedio de 20 cm.; las Vetillas guardan una disposición en dirección N30°-60°E en los sectores de El Diluvio, Manizales. En el sector de la Quebrada Negra, las vetas alcanzan su máximo espesor (35 cm.), pero existe un control estructural debido a fallamiento e intrusión de AndDike que cambian la tendencia regional del vetilleo.

Se presenta una dirección de diaclasamiento según el plano E-W/10°N-90° en los sectores de El Diluvio - Manizales, Quebrada Negra, que coincide con la dirección de emplazamiento de algunos AndDike. Adicionalmente, presencia de fallas normales con dirección N60°W, de rumbo dextral N20°W y sinistral N60°E, observadas en el Cerro Manizales.

Teniendo en cuenta el análisis de la información bibliográfica disponible y las observaciones estructurales de campo, se concluye que:

- Existe una clara tendencia N-NE de las vetas y vetillas en el área de estudio que confirman la existencia de la Zona de Cizalla Cristales con rumbo NW-SE
- Se intuye una estrecha relación de las intrusiones de los AndDike tardíos con la presencia de vetas y vetillas en la zona de estudio.
- Los filones mineralizados agrupados alrededor de Cristales, presentan una dirección predominantemente NE, con numerosas venas paralelas a subparalelas.
- Se evidencia que existe un control estructural sobre las venas mineralizadas, debido a fallamiento e intrusión de AndDike, que cambian la tendencia regional del vetilleo.
- Eventualmente, el depósito de oro, estaría controlado por la Zona de Cizalla Cristales, manifestada por la tendencia general N-NE del rumbo de las vetas del Cerro Manizales; cuya dirección puede estar así mismo, controlada por ejes de extensión, en donde el vetilleo sea perpendicular a los ejes de máxima extensión (σ_1).

7. ALTERACIÓN

En todos los sectores recorridos se observó básicamente silicificación dominante; alteración cuarzo-sericitica (Qtz-Ser) moderada a alta dominante a subordinada en El Diluvio-Manizales y Quebrada Negra; piritización (Py) baja a moderada subordinada a traza en los sectores de Manizales y Quebrada Negra; cloritización (Chl) baja a moderada subordinada a traza en El Diluvio-Manizales.

8. MINERALIZACIÓN

Una vez analizada la información resultante de las observaciones realizadas en campo, se concluye que se trataría de un depósito de oro de alta sulfuración, cuyas características generales se presentan en la Tabla 2.

Es interesante la presencia de sulfuros e intrusiones de diques andesíticos en To en el Cerro Manizales. Se reporta la existencia de MT que posiblemente sea producto de mineralización y no corresponda a la fracción de minerales accesorios.

Tabla 2. Características Generales de los Depósitos Epitermales de Alta Sulfuración (AS), (Modificado de Camprubí, et. al., 2003)

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DEPÓSITOS EPITERMALES DE ALTA SULFURACIÓN (AS)	
Rocas volcánicas relacionadas	Vulcanismo subaéreo, rocas ácidas a intermedias (esencialmente andesita–riodacita). Encajante de cualquier tipo.
Controles de emplazamiento	Fallas a escala regional (Zona de Cizalla Cristales)
Extensión de la zona de alteración periférica	Área extensa (comúnmente varios km ²) y visualmente prominente.
Alteración asociada	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Depósitos profundos: intensa alteración pirofilita–mica blanca. Depósitos someros: núcleo de sílice masiva, con un estrecho margen de alunita y caolinita que hacia el exterior es de mica blanca y arcillas interestratificadas. Depósitos subsuperficiales: ingente alteración argílica. Clorita: raramente. Generalización: alt. argílica avanzada → argílica (±sericítica).
Geometría del cuerpo mineralizado	Relativamente pequeño y equidimensional.
Características distintivas o notables	Presencia de niveles calentados por vapor (niveles superficiales), cuarzo poroso o vuggy (niveles intermedios), mineralización superpuesta a depósitos porfíricos (en profundidad).
Carácter de la mineralización económica	Típicamente diseminada, tanto en zona de mica blanca–pirofilita como en sílice masiva. Poco común como relleno de cavidades o porosidad. La mineralización está asociada habitualmente a alteración argílica avanzada, típicamente con abundante pirita.
Ganga de cuarzo	De grano fino, masivo, originado principalmente por reemplazamiento; el cuarzo es residual (vuggy).
Abundancia de sulfuros	10–90% del volumen total, sobre todo de grano fino, pirita con textura parcialmente laminada.
Minerales metálicos clave	Pirita, enargita–luzonita, calcopirita, calcosita, covellita, bornita, tetraedrita-tenanita, oro (esfalerita, galena, telururos).
Edad	Por lo general, Terciaria o más reciente.
Metales predominantes	Cu, Au, As (Ag, Pb)

9. CONCLUSIONES

Se propone la existencia de un depósito de oro de alta sulfuración controlado por la Zona de Cizalla Cristales, manifestada por la tendencia general N-NE del rumbo de las vetas del Cerro Manzales, cuya dirección puede estar controlada por ejes de extensión, en donde el vetilleo sea perpendicular a los ejes de máxima extensión (σ_1).

La presencia de espejos de fricción en fallas de rumbo de los AndDike intruyendo To, indica que éstos son posteriores al intrusivo; es decir son post-Batolito Antioqueño; es decir, de edad Terciaria o más reciente. Existe una clara tendencia N-NE de las vetas y vetillas en el área de estudio que confirman la existencia de la Zona de Cizalla Cristales con rumbo NW-SE.

Se intuye que existe una estrecha relación de las intrusiones de los AndDike tardíos con la presencia de vetas y vetillas en la zona de estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, J., 1983. Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Meso-Cenozoicos. Boletín Geológico Ingeominas. Volumen 26. pp. 1-175. Bogotá.
- Barbarín, B., 1990. Granitoids: Main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting. Geological Journal No. 25, pp. 227-238.

- Botero, A. G., 1940. Sobre el Ordoviciano de Antioquia. Proc. Eight Pan-American Scientific Congreso, LVI, Núm. 1V, pp. 19-25.
- Boussingault, J. B., 1825. Sur L'existence d'iode dans L'eau de une saline de la Province d'Antioquia. Paris, Ann. de Chemie et Physique, V. 30, pp. 91-96.
- Camprubí, A., González, E., Jordi, G. y Carrillo-Chávez, A., 2003. Depósitos Epitermales de Alta y Baja Sulfuración: Una Tabla Comparativa. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVI, Núm. 1, pp. 10-18
- Cobbing, J., 2000. The Geology and Mapping of Granite Batholiths. Springer Editors, pp. 56-60.
- Compton, R., 1985. Geology in the Field. Wiley Editors. New York, pp. 312-316
- Davis, G. and Reynolds, S, 1996. Structural geology of rocks and regions, Second Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc. pp. 531-533.
- Feininger, T., 1970. The Palestina Fault, Colombia. Geological Society America. Bulletin Vol. 81. pp. 1201 - 1216.
- Feininger, T. and Botero, G., 1982. The Antioquian Batholit, Ingeominas, Sp. Publ., Bogotá, pp. 37-45.
- Feininger, T., Barrero, D., Castro, N., Ramírez, O., Lozano, H. y Vesga, J., 1970. Mapa Geológico del Oriente de Antioquia. Cuadrángulo I-9 y parte de los Cuadrángulos H-9, H-10, I-10, J-9 y J-10. Escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.
- González, H, 2000. Mapa Geológico de Antioquia. Escala 1:400.000. Ingeominas. Bogotá.
- González, H, 2001. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Escala 1:400.000. Memoria Explicativa. Ingeominas. Bogotá.
- INGEOMINAS, Instituto colombiano de Geología y Minería. 2009, Mapa Geológico a escala 1:500.000.
- Lang, J.R., Baker, T., Hart, C.J.R., and Mortensen, J.K., 2000. An Exploration Model for Intrusion-Related Gold Systems. SEG Newsletter No. 40, pp. 5-15.

Anexo 1. Muestreo de roca sectores: Cerro Manzales, Qda. Negra y El Diluvio

MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS		LITOLÓGICOS				ALTERACION				ESTRUCTURALES				OBSERVACIONES	
		N	W	Tamaño Grano	Relación Bi-Hb	Grado Meteorización	Tipo	Intensidad (Grado)	Abundancia	Minerales	Carácter	% en Volúmen	No Fracturas/m	Datos Cinemáticos			
														Veins	Veinlets		Otros
12003557		717128	510136	1		1	Sil	3	1	Si	1					Socavón 1: Muestra de Dump Mine Float (Cuarzo tipo Vuggy)	
12003558		717118	510087	1		2	Sil Chl	3 1	1 3	Si CT	2	4	8	N30E/55NW		Socavón 2: VeimMat	
12003559		717118	510087	2	1	2										Socavón 2: Respaldo de 12003558 - To	
12003560		717133	510127	2	1	2									N60E/80SE	Socavón 3: To	
12005101		717125	510069	1		3	Sil	3	1	Si	2	10	2 (5 cm espesor)	N10 W/50SW		Socavón 4: VeimMat	
12005102	Manzales	717125	510069	2	1	3										Socavón 4: Respaldo de 12005101 - To	
12005103		717154	510043	2	1	3	Sil	2	1	Si	2	1	3 (3 mm espesor)	N10E/30SE		Socavón 5: To	
12005104		717154	510043	2	1	3										Socavón 5: Respaldo de 12005103 - To	
12005106		717289	509957	1		2	Sil	3	1	Si	2	2	4 (3 mm espesor)	N70W/70NE (Falla Rumbo Sinestral)		Socavón 6: VeimMat	
12005107		717289	509957	2	1	3										Socavón 6: Respaldo de 12005106 - To	
12005108		717187	510161	2	1	3	Sil	2	1	Si	2	3	2 (1.5 cm espesor)			Socavón 7: To	
12005109		717179	510204	2	1	2	Sil	2	1	Si	1					Socavón 8: Muestra de Dump Mine Float (IntFed)	
12005110		717201	510259	1	1	2	Sil Chl	2 1	1 2	Si CT	2 1	1.5	1 (1.5 cm espesor)	N10E/65SE		Duplicated. Socavón 9 - VeimMat	
12005111		717201	510259	1	1	2	Sil Chl	2 1	1 2	Si CT	2 1	1.5	1 (1.5 cm espesor)	N10E/65SE		Duplicate - VeimMat	

MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS		LITOLÓGICOS				ALTERACION				ESTRUCTURALES			OBSERVACIONES		
		N	W	Tamaño Grano	Relación Bi-Hb	Grado Meteorización	Tipo	Intensidad (Grado)	Abundancia	Minerales	Carácter	% en Volumen	No Fracturas/m	Datos Cinemáticos			
														Veins		Veinlets	Otros
12005112		717201	510259	2	1	2										Socavón 9: Respaldo de 12005110-11 - To	
12005113		717212	510239	2	1	3										Socavón 10 : To	
12005114		717169	510217	1		2	SiI	3	1	Si	2	10	2 (5 cm espesor)	N60E/55NW			Socavón 11: Respaldo de 12005114 - To
							SiII	3	1	Si	2	6	1 (6 cm espesor)	N60E/50NW			Socavón 11: (Falla Normal)
12005115		717169	510217	2	1	3										Socavón 11: Respaldo de 12005114 - To	
12005116		717378	510438	2	1	3	Qz-Ser	2	1	QZ - SE	2	1	2 (1.5 mm espesor)	N60E/55NW			Socavón 12 : To
							SiI	3	1	Si	2	10	1 (10 cm espesor)	E-W/70N			Socavón 13: VeinMat
12005117		717300	510413	2		2										Socavón 13: Respaldo de 12005117 - IntFel	
12005118		717300	510413	1		2										Socavón 13: Zona de veinlets empujado - Gdr	
12005119	Manizales	717300	510413	2		3	Qz-Ser	1	2	QZ - SE	2	3	11 (3 mm espesor)	N20E/55NW			Socavón 13: Zona de veinlets empujado - Gdr
							SiI	2	1	Si	2	15	1 (15 cm espesor)	N30E/70SE			Socavón 14: VeinMat
12005120		717300	510413	2	1	3										Socavón 13: Estéril de mina - To	
12005121		717158	510278	2		1										Socavón 14: VeinMat	
12005122		717158	510278	2	1	2										Socavón 14: Respaldo de 12005121 - To	
12005123		717068	510359	2	1	3	Qz-Ser	2	1	QZ - SE	2	3	6 (3 mm espesor)	N40E/60SE			Socavón 15: Respaldo de 12005126 con veinlets - To
							SiI	2	1	Si	2	6	3 (2 cm espesor)	N30E/90			Socavón 15: VeinMat
12005124		717068	510359	2	1	3										Socavón 15: Respaldo de 12005126 con veinlets - To	
12005126		717068	510359	2		2	Qz-Ser	2	1	QZ - SE	2	3	6 (3 mm espesor)	N40E/60SE			Socavón 15: Respaldo de 12005126 con veinlets - To
							SiI	2	1	Si	2	6	3 (2 cm espesor)	N30E/90			Socavón 15: VeinMat
12005127		717116	510962	2		2										Socavón 16: VeinMat	
12005128		717116	510962	2	1	2										Socavón 16: Respaldo de 12005127 - To	

MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS		PARAMETROS										OBSERVACIONES	
		N	W	LITOLÓGICOS			ALTERACION				ESTRUCTURALES				
				Tamaño Grano	Relación Bi-Hb	Grado Meteorización	Tipo	Intensidad (Grado)	Abundancia	Minerales	Carácter	% en Volúmen	No Fracturas/m		Veins
12005129	Manzales	717116	510962	2	1	3	Qtz-Ser	2	1	QZ-SE	2	6 (hasta de 4 cm espesor)	N20W/30SW	Socavón 16: Zona de veinlets - To	
12005131		717076	510987	2	1	3	Qtz-Ser	2	1	QZ-SE-Feox	2	2 (hasta de 2 mm espesor)	N20W/75NE (Falla Dextral)	Socavón 17: Zona de veinlets, costado izquierdo de la falla -To	
12005132		717076	510987	2	1	3	Qtz-Ser	2	1	QZ-SE-Feox	2	2 (hasta de 2 mm espesor)	N20W/75NE (Falla Dextral)	Socavón 17: Zona de veinlets, costado derecho de la falla -To	
12005133		717058	510919	1		2	Sil	2	1	Si	2	1 (1.5 cm espesor)	N20E/65NW	Socavón 18: VeinMat	
12005134		717058	510919	2	1	3	Qtz-Ser	2	1	QZ-SE-Feox	2	6 (3 mm espesor)		Socavón 18: Respaldo de 12005133 - To	
12005135		716998	510959	1		2	Qtz-Ser	2	2	QZ-SE	2	1 (20 cm espesor)	N60E/65SE	Duplicated - Socavón 19: VeinMat	
12005136		716998	510959	1		2	Sil	3	1	Si	2	1 (20 cm espesor)	N60E/65SE (Falla Sinistral)	Duplicate Socavón 19: VeinMat	
12005137		716998	510959	2	1	3	Qtz-Ser	2	2	QZ-SE				Socavón 19: Respaldo de 12005135-36 - To	
12005138		Qda. Negra	716927	511018	1	1	1	Sil	3	1	Si	2	1 (10 cm espesor)	N60E/40NW	VeinMat
12005139			717183	511032	2	1	2	Sil	3	1	Si	2	1 (10 cm espesor)	E-W/30N (And Dike)	Socavón 20: VeinMat
12005140			717183	511032	2		2	Sil	3	1	Si	2	1 (20 cm espesor)	N40W/80SW (Joint)	Socavón 20: To
12005141			717183	511032	2	1	2	Qtz-Ser	1	3	QZ-SE	1			Socavón 20: Respaldo de 12005140 - To
12005142		Manzales	717183	511032	1		2	Sil	3	1	Si	2			Socavón 20: Muestra de Dump Mine Float (Cuarzo tipo Vuggy)
12005143			717248	511148	1		2	Py	1	2	Py	2			Socavón 21: VeinMat
12005144		717248	511148	2	1	2	Qtz-Ser	1	2	QZ-SE	1			Socavón 21: Respaldo de 12005143 - To	
							Py	1	3	Py	2				

MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS		LITOLÓGICOS				ALTERACION				ESTRUCTURALES				OBSERVACIONES	
		N	W	Tamaño Grano	Relación Bi-Hb	Grado Meteorización	Tipo	Intensidad (Grado)	Abundancia	Minerales	Carácter	% en Volumen	No Fracturas/m	Datos Cinemáticos			
														Veins	Veinlets		Otros
12005145	Manizales	717330	511102	2	1	3	Qz-Ser	1	2	QZ-SE	2	10	2 (5 cm espesor)	N70E/65NW			Socavón 22. To
12005146		717366	511046	1		2	Sil	3	1	Si	2	35	1 (35 cm espesor)	N70E/86NW			VeinMat
12005147		717366	511046	2	1	2	Qz-Ser	2	2	QZ-SE	2	6	3 (2 cm espesor)		N70E/86NW		Respaldo de 12005146 con veinlets interesantes -To
12005148		717560	511025	1		3	Sil	3	1	Si	2	90	1 (90 cm espesor)	N40E/80SE (And Dike)			Duplicated - VeinMat
12005149	Qda. Negra	717560	511025	1		3	Qz-Ser	1	2	QZ-SE	2	90	1 (90 cm espesor)		N40E/80SE (And Dike)		Duplicated - VeinMat
12005151		717560	511025	2	1	3	Py	1	3	Py	2				N40E/80SE (And Dike)		Respaldo de 12005148-49 -To
12005152		716859	511201	1	1	3									N50W/85SW (And Dike)		Ex_And
12005153		716694	511185	2	1	3	Sil	3	1	Si	2	25	1 (25 cm espesor)	N60W/85SW			To
12005154		716675	511507	2	1	3	Qz-Ser	1	2	QZ-SE	2	15	3 (5 cm espesor)	N60W/75NE			Di
12005156		716598	511776	1		3	Qz-Ser	1	2	QZ-SE	2	15	1 (15 cm espesor)	N50E/70SE			VeinMat
12005157		716598	511776	2	1	3	Qz-Ser	2	1	QZ-SE	2						Respaldo de 12005156 - Di
12005158		716015	511824	1		3	Qz-Ser	3	1	QZ-SE	1	10	1 (10 cm espesor)	N80E/85SE			VeinMat
12005159		716015	511824	2	1	3	Qz-Ser	3	1	QZ-SE	1				N60W/75SW (Falla Normal)		Respaldo de 12005158 - Di
12005160	El Dilluvio	716960	511928	2	1	3	Sil	2	1	Si	2	6	2 (3 cm espesor)	N50E/25NW			Duplicated - Di
12005161		716960	511928	2	1	3	Sil	2	1	Si	2	6	2 (3 cm espesor)	N50E/25NW			Duplicate - Di
12005162		716839	511790	1		3	Py	1	3	Py	2	15	1 (15 cm espesor)	N55E/80SE			VeinMat - Di

MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS		PARAMETROS												OBSERVACIONES		
				LITOLÓGICOS			ALTERACION				ESTRUCTURALES							
				Tamaño Grano	Relación Bi-Hb	Grado Meteorización	Tipo	Intensidad (Grado)	Abundancia	Minerales	Carácter	% en Volumen	No Fracturas/m	Datos Cinemáticos				
		N	W				Sil	3	1	Si	2							
12005163	El Diluvio	717165	511736	1		3	Qtz-Ser	2	2	QZ-SE	2		1 (10 cm espesor)		N20E/85SE			VeinMat
12005164		717165	511736	2	1	3	Chl	1	3	CT	Diss		6 (3 mm espesor)					
							Qtz-Ser	2	1	QZ-SE	2							

